Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 2, May-June 2021, p. 285-297

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۴۰۰، ص. ۲۹۷-۲۸۵

مقاله پژوهشی

واکاوی تأثیر ابرناکی بر تابش فرابنفش تجمعی روزانه UVB در مناطق خشک و نیمه خشک ایران

علی اکبر سبزی پرور[1]*- علیرضا سیف زاده مومن سرایی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۹

چکیده

اگرچه سهم کل انرژی در طیف UV بین ۵ الی ۷ درصد کل انرژی خورشید می‌باشد، ولی همین مقدار کم نقش مهمی در فعالیت‌های بیولوژیکی و فتوشیمیایی زمین و جو ایفا می‌کند. طبق سوابق موجود، تاکنون پژوهشی جهت مقایسه تابش فرابنفش در شرایط مختلف جوی در ایران انجام نگرفته است. در این پژوهش با استفاده از داده‌های عمق نوری ابر، عمق نوری هواویز، اُزون کلی جو و آلبیدوی سطح که از تصاویر ماهواره‌ای دریافت شد، مقدار تابش تجمعی روزانه در محدوده طیف UVB (280-315nm) با استفاده از مدل چند لایه‌ای انتقال تابشی TUV5.3 (تهیه شده در مرکز NCAR کلرادوی آمریکا) در دوره‌ی اقلیمی ۱۳ ساله در ۲۲ ایستگاه از مناطق خشک و نیمه خشک کشور برآورد گردید. نتایج در سه حالت شرایط آسمان کاملاً صاف، کاملاً ابری و واقعی برآورد و با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفت. برآوردها در شرایط آسمان کاملاً صاف و ابری حکایت از حضور بیشینه تابش UVB در فصل تابستان در نواحی جنوبی و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه دارد. بر اساس نقشه‌های بدست آمده، کمینه مقادیر روزانه UVB نیز در تمامی شرایط مورد بررسی در فصل زمستان مشاهده گردید. مقادیر UVB تحت شرایط آسمان کاملاً ابری به نسبت آسمان کاملاً صاف به طور متوسط از ۳۳ درصد در فصل تابستان تا ۶۷ درصد در فصل پاییز کاهش نشان داد که تاکید بر اهمیت ابرناکی در کاهش تابش لحظه‌ای و تجمعی طیف UVB در ماه‌هایی با زوایای مایل خورشید و مقادیر کم ازون دارد. در شرایط واقعی آسمان، بیشینه شدت تابش تجمعی روزانه UVB در اغلب فصول در مناطق جنوبی منطقه متمرکز بود. البته در فصل تابستان، نفوذ مونسون هندوستان از سمت جنوبشرق، این بیشینه را قدری به سمت شمالغرب منطقه مورد مطالعه منتقل نمود.

واژه‌های کلیدی: آسمان صاف، تابش بیولوژیکی سطحی، شرایط ابری، مدل انتقال تابش چند لایه‌ای TUV5، میانگین فصلی UVB

مقدمه

در فیزیک تابش پرتوهای فرابنفش خورشیدی به سه زیر طیف مجزا تقسیم می‌شوند. محدوده طول موج‌های تابش فرابنفش برای زیر طیف UV-A ۳۱۵ تا ۴۰۰ نانومتر، برای UV-B ۲۸۰ تا ۳۱۵ نانومتر و برای UV-C ۲۰۰ تا ۲۸۰ نانومتر می‌باشد. بخش UV-C کاملا در اُزون آرام‌سپهری جذب می‌شود و به سطح زمین نمی‌رسد. معمولا UV رسیده به سطح زمین ترکیبی از UV–A و UV–B است. به بیانی دیگر ۹۴ درصد آن مربوط به UV-A و ۶ درصد مربوط به UV-B است. فوتون‌های طول موج UV–B به سلول های بدن آسیب می‌رسانند و تغییرات شیمیایی را در مواد تشکیل دهنده آن‌ها ایجاد می‌کنند. تابش‌های مضر UV–B تأثیرات کوتاه مدت و بلند مدتی بر پوست دارند، باعث بیماری‌های گوناگون پوستی، ازجمله آفتاب سوختگی، حساسیت‌های پوستی و سرطان پوست می‌شوند و زنجیره DNA را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. اثرات بلند مدت UV بر موجودات زنده با تغییر در مواد ژنتیک ایجاد می شود. در گذشته چالش تغییرات شدت UV-B به دلیل نوسانات ناچیز دراز مدت در ضخامت لایه اُزون خیلی جدی نبود، اما با نازک شدن لایه اُزون در سال‌های اخیر، توجه به مخاطرات افزایش شدت UV-B نیز اهمیت یافته است.

۱ و ۲- به‌ترتیب استاد و دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا
(*- نویسنده مسئول: (Email: swsabzi@basu.ac.ir
DOI: 10.22067/jsw.2021.15010.0

تا به امروز تحقیقات بسیاری در زمینه سنجش و ارزیابی تـأثیرات اشعه فرابنفش بر روی گیاهان و سلامت انسان توسط محققین رشـته های زیست‌شناسی، علوم گیاهی و علوم پزشکی بـه صـورت مطالعـه موردی و آزمایشگاهی صورت گرفتـه کـه از آن جملـه مـی‌تـوان بـه کارهـای عابـدزاده و پـور اکبـر (۱)، خـاتمی و قنـاتی (۵)، مـرادی و همکاران (۱۱) و WHO (۱۸) بطور مشخص اشـاره نمـود. مطالعـات انجام شده در ایران بیشتر به تأثیر پرتو فرابنفش بر پارامترهای گیاهی مانند طول قسمت هوایی و طول ریشه و ساقه و همین طـور تـأثیرات مخرب این اشعه بر روی پوست و چشم و بطور کلی سـلامت انسـان پرداخته شده است. اما هدف این پژوهش محاسـبه و ارزیـابی میـزان پرتو فرابنفش UV-B تحـت شـرایط آب و هـوایی گونـاگون و پهنـه بندی آن در منطقه مورد مطالعه است. چنین مطالعاتی غالبـاً در خـارج از ایران انجام شده امـا متاسـفانه بـا توجـه بـه متفـاوت بـودن اقلـیم ایستگاه‌های مورد مطالعه نتایج مطالعات مذکور به شرایط ایران قابـل انتقال و تعمیم نمی‌باشد.

پیشینه پژوهش

شرعی پور و علی اکبری (۱۷) اثرات عوامل ابرناکی و اُزون کلی را بر تابش UVB برای یک دوره یک ساله ۲۰۰۳ – ۲۰۰۴ در منطقه اصفهان بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشـترین مقـدار تـابش در ماه‌های ژوئن و ژوئیه رخ می‌دهد. بررسی ارتباط تابش UVB با برخی عوامل موثر از جمله اُزون کلی جو و ابرناکی نیز نشان داد در ماه‌هایی که اثر ابرناکی قابل ملاحظه است (ماه‌های دسامبر تـا آوریـل) عامـل ابرناکی موثرتر از اُزون کل می‌باشد. در پـژوهش نامبردگـان بررسـی مقادیر روزانه فاکتور ابرناکی نشان داد که پوشش ابری زیاد مـی‌توانـد باعث کاهش شدید تابش UVB تجمعی روزانه شود.

فرجزاده اصل و همکاران (۲) در سال ۲۰۱۴ بـه تحلیـل تغییـرات تابش فرابنفش در چهار مقیاس زمانی روزانه، ماهانه، فصلی و سـالانه در منطقه اصفهان پرداختند. نتـایج حاصـل از بـرازش رونـد تغییـرات فصلی نشان داد که مقدار تابش در فصل بهار روندی افزایشی داشـته است در حالیکه این روند برای دیگر فصـل‌هـا کاهشـی بـوده اسـت. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین شاخص تابش فرابنفش (UVI) به مقدار ۱۱/۵ در اواسـط تابسـتان روی داده اسـت و کمتـرین آن بـا مقدار ۰/۵ در زمستان رخ داده است.

لام و همکـاران (۶) تحقیقـی را درخصـوص تـابش فـرابنفش سطحی و اُزون کلی در شهر هنک کنگ انجام دادند. براسـاس نتـایج این تحقیـق، مقدار UVB همبستگی منفی با اُزون کلی نشـان داد و تغییرات دوره ۱۹۹۵ – ۲۰۰۱ نشان داد که افزایش ۱٪ در اُزون کلـی باعث کاهش ۱ درصد در مقدار UVB سطحی می‌گردد.

پالانکار و تاسلی (۱۳) بـا اسـتفاده از پیرانـومتر YES- UVB وا YES TSP-700 اقدام به اندازه‌گیری تابش UVB و TSR در یکی از شهرهای آفتابگیر کشور آرژانتین نمـوده و نتیجـه را بـا برآوردهـای حاصل از مدل TUV 4.1 مقایسه نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که در روزهای صاف برای زوایای سمت الراس کوچکتر از ۷۰ درجه، خطای مدل TUV کمتر از ۱۰درصد می‌باشد.

علاوه بر تـاثیر قابـل ملاحظـه اُزون بـر تـابش UVB دریـافتی، عوامل دیگری نظیر آلبیدوی سطح زمین و ارتفـاع از سـطح دریـا بـر مقدار تابش فرابنفش دریافتی اثرگذار می‌باشند. در پژوهش پریبولـوا و چملیک (۱۴) تاثیر ارتفاع از سطح دریا و آلبیدو بر شدت تـابش UVB تحت شرایط آسمان صاف در دو ایستگاه مرتفع و برف گیر اسـلوواکیا مطالعه شد. در این تحقیق تحت زاویه سمت الرس ۵۵ الی ۶۵ درجـه و بدون پوشش برفی گرادیان UVB به ازای هر یـک کیلـومتر ٪ ۱۵ افزایش نشان داد. در حالیکه افزایش ارتفاع برای TSR حدود ٪ ۶ بـر کیلومتر بدست آمد.

مطالعات نشان می‌دهد که هم تغییر اقلیم بر توزیع اُزون و شـدت UVB اثر گذاشته وهم متقابلاً تغییرات اُزون بر سـیگنال‌هـای تغییـر اقلیم اثر گذار است (۸). حتی بدون تغییر در اُزون ، تغییر اقلیم با تـاثیر بر ابرناکی و آلبیدو می‌تواند موجب تغییر در مقـدار UVB سـطحی در قرن ۲۱ شود. در مجموع، تحقیقات فوق نشان می‌دهـد کـه ابهامـات زیادی در رابطه با آینده تابش UV در قرن ۲۱ وجود دارد که علت آن تغییرات غیر قابل پیش بینی در مقدار ابرها و هواویزهـا (آئروسـل‌هـا) است. اگر چه تاثیر اُزون در افزایش شدت UV در چنـد دهـه اخیـر از موضوعات مهم و قابل توجه محافل علمی و بین‌المللـی بـوده اسـت، ولی متاسفانه اندازه‌گیری‌هـای سیسـتماتیک انـدکی جهـت مطالعـات مرتبط با اشعه فرابنفش موجود است. علـت ایـن امـر هزینـه سـنگین اندازه گیری و مشکلات و پیچیدگی‌های نگهداری دستگاه‌های انـدازه گیری طیف فرابنفش می‌باشد. به همین علت اغلب مطالعات بر اساس برآوردهای انجام شده با مدل‌های تابش انجام می‌گیرد.

جهت تفسیر تغییرات مکانی مشاهده شده و بررسی روند تغییـرات زمانی تابش فـرابنفش، مطالعـه منطقـه‌ای تـابش بیولـوژیکی امـری اجتناب ناپذیر به نظر مـی‌رسـد. در مقیـاس جهـانی مطالعـات انـدکی تاکنون ارائه شده است که ازجمله می توان به تحقیق سـبزی پـرور و همکاران (۱۵) اشاره نمود. آنها با استفاده از مدل تابش مالتی اسـتریم (چند چشمه‌ای) و یک جو چند لایه‌ای به ارائه میانگین‌های دراز مدت تابش‌هـای بیولـوژیکی نـوع UVA، UVB، آفتـاب سـوختگی و آب مروارید چشمی در مقیاس°۱/۲۵ ×°۱/۲۵ اقدام نمودند. مقایسه نتـایج مدل نامبردگان با اندازه گیری‌های واقعـی نشـان داد کـه در منـاطق خشک و کم ابر خطای پیش بینی‌های مدل کمتر از ۱۰± درصد مـی باشد ولی برای مناطق مرطوب و ابری ایـن اخـتلاف تـا ۲۰± درصـد قابل انتظـار اسـت. در ایـن تحقیـق نشـان داده شـده کـه در توزیـع جغرافیایی تابش‌های بیولـوژیکی موقعیـت سـمت الـرس خورشـید در محل نقشی مهم تر از اُزون ایفا می‌کند.

در مجموع، ریسک بالای تابش فرابنفش بیش از نرمال، و تاثیر سوء بر سلول‌های حیاتی انسان، دام و گیاهان به ویژه در مناطق خشک و بیابانی سبب شده تا انجام چنین پژوهشی ضرورت پیدا کند. با توجه به اینکه در مباحث تغییر اقلیم احتمال افزایش ابرناکی در دهه‌های اخیر و آینده و تاثیر مثبت آن بر کاهش شدت پرتوهای فرابنفش دریافتی در سطح زمین وجود دارد، انجام این پژوهشی می تواند به بررسی فرض مذکور بپردازد و تاثیر نوسانات عوامل اقلیمی چون ابرناکی، هواویزها و اُزون را بر تابش فرابنفش تعیین کند.

مواد و روش‌ها

الف) منطقه مورد مطالعه

در تحقیق حاضر ۲۲ ایستگاه که براساس سیستم طبقه بندی اقلیمی دومارتن اصلاح شده در مناطق خشک، نیمه خشک و فراخشک قرار دارند انتخاب شدند. اطلاعات جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه در جدول ۱ قابل مشاهده است.

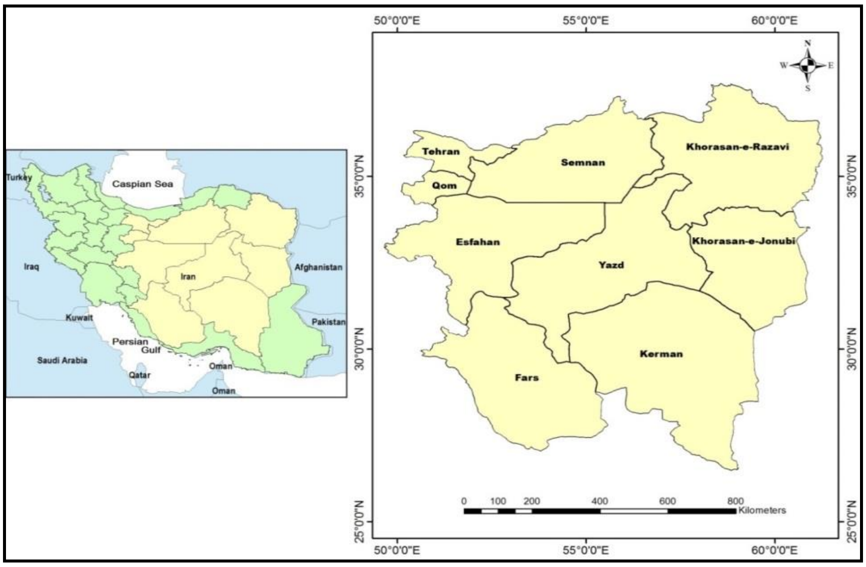
موقعیت منطقه مورد مطالعه نیز در شکل ۱ نشان داده شده است. در این شکل ۲۲ شهر مورد نظر در ۹ استان ایران قرار گرفته‌اند.

با توجه به عدم وجود شبکه پایش تابش فرابنفش در کشور، مقادیر ساعتی و روزانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه از مدل انتقال تابشی TUV5 استفاده شد. مدل‌های چند لایه‌ای انتقال تابشی نقش مهمی در مطالعات پرتوهای فرابنفش و برنامه‌های عملیاتی مرتبط با آن دارند. از جمله مزیت‌های مدل انتقال چند لایه‌ای TUV نسبت به سایر مدل‌ها انعطاف پذیری بیشتر این مدل است

جدول ۱- اطلاعات جغرافیایی و نوع اقلیم شهرهای واقع در منطقه مورد مطالعه

Table 1- Geographical information and climate types of cities located in the study area

ردیف No.	شهر City	طول جغرافیایی Longitude (E)	عرض جغرافیایی Latitude (N)	ارتفاع (متر) Altitude (m)	نوع آب وهوا (دمارتن اصلاح شده) Climate type (adjusted De Martonne)
1	Abadeh آباده	52.67	31.18	2030	Arid خشک
2	Anar انار	55.25	30.88	1409	Hyper- arid فراخشک
3	Baft بافت	56.58	29.23	2280	Semi-arid نیمه خشک
4	Bam بم	58.35	29.10	1067	Hyper- arid فراخشک
5	Birjand بیرجند	59.20	32.86	1491	Arid خشک
6	Isfahan اصفهان	51.87	32.67	1601	Hyper- arid فراخشک
7	Ferdows فردوس	58.17	34.02	1250	Arid خشک
8	Garmsar گرمسار	52.27	35.20	825	Hyper- arid فراخشک
9	Qom قم	50.85	34.70	877	Arid خشک
10	Gonabad گناباد	58.68	34.35	1056	Arid خشک
11	Kabootar-Abaad کبوترآباد	51.85	32.52	1545	Hyper- arid فراخشک
12	Kashan کاشان	51.45	33.98	982	Semi-arid نیمه خشک
13	Kashmar کاشمر	58.47	35.30	1110	Hyper- arid فراخشک
14	Kerman کرمان	56.97	30.25	1754	Arid خشک
15	Khoor-Biabanakخوربیابانک	55.03	33.78	845	Arid خشک
16	Minadeh-Jiroft میانده جیرفت	57.80	28.58	601	Arid خشک
17	Semnan سمنان	53.55	35.55	1171	Arid خشک
18	Shahre-Babak شهر بابک	55.13	30.10	1834	Arid خشک
19	Sirjan سیرجان	55.68	30.47	1739	Arid خشک
20	Tabbas طبس	56.92	33.60	711	Extra arid فراخشک
21	Tehran تهران	51.32	35.68	1190	Arid خشک
22	Yazd یزد	54.40	31.90	1230	Extra arid فراخشک



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Geographical location of the study area

که با توجه به در نظر گرفتن موارد اضافی همچون گازهای کمیاب[1] و انعکاس ناهمسانگرد[2] (به علت در نظر گرفتن آلبیدو) همچنین سرعت محاسبه بالا و سادگی استفاده از آن سبب شده تا در بسیاری از مطالعات تحقیقاتی مورد توجه قرار گیرد (۴). در مجموع، مدل‌های انتقال تابشی در مقایسه با سایر مدل‌ها از جمله مدل‌های تجربی مطابقت بیشتری با مقادیر اندازه‌گیری از خود نشان می‌دهند. ضمن اینکه بر خلاف مدل‌های اشاره شده در گستره بیشتری از شرایط جوی قابلیت استفاده دارند. ضمنا، مدل‌های تجربی و نیمه تجربی تنها در شرایطی که از قبل نسبت به شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه کالیبره شده باشند، قابلیت استفاده دارند (۹). مدل انتقال تابشی TUV اولین بار در سال ۱۹۹۳ توسط مدرونیچ[3] در مرکز ملی تحقیقات علوم جوی آمریکا[4] (NCAR) عرضه شد (۷). این مدل برای محاسبه تابش طیفی در طول موج‌های فرابنفش و مرئی با دقّت قابل قبولی قابل استفاده می باشد. از جمله داده‌های ورودی مورد نیاز مدل TUV می‌توان طول و عرض جغرافیایی منطقه مورد نظر، عمق نوری ابر (Cloud Optical Thickness)، ارتفاع ایستگاه از سطح دریا، آلبیدوی زمین (Surface Albedo) در طول موج‌های فرابنفش، عمق نوری هواویز (Aerosol Optical Thickness) و اُزون کلی جو را نام برد.

ب) داده‌ها

روش آماده سازی داده‌ها

داده‌های موردنیاز این پژوهش که عمدتاً همان داده‌های ورودی مدل TUV می‌باشند در طول دوره آماری ۱۳ ساله (۲۰۰۵ – ۲۰۱۷)، برای ۲۲ ایستگاه مورد مطالعه در مناطق مرکزی ایران از منابع زیر تهیه گردید:

طول و عرض جغرافیایی منطقه مورد نظر و ارتفاع ایستگاه از سطح دریا از مرکز آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی اخذ گردید (جدول ۱). همچنین، حداکثر طول روز (N) و مقدار ساعات آفتابی (n) به صورت متوسط ماهیانه جهت محاسبه ضریب (n/N) که یک ضریب تعدیلی برای محاسبه شرایط واقعی آسمان است، از مرکز آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی دریافت گردید. در این پژوهش تصاویر ماهواره‌ای عمق نوری ابر و عمق نوری هواویز (آئروسُل) از سنجنده Terra & Aqua/MODIS دریافت گردید. تصاویر ماهواره‌ای اُزون کلی جو (Total Column Ozone) از سنجنده OMI/Aura TOMS بدست آمد. تصاویر ماهواره‌ای آلبیدوی زمین در طیف طول موج‌های فرابنفش با استفاده از داده‌های بازتحلیل پروژه MERRA-2 ناسا که با استفاده از ماهواره ERA و سیستم مشاهدات زمینی Goddard نسخه ۵ (GEOS-5) و سامانه داده گواری جوی (ADAS[5]) نسخه ۵،۱۲،۴ تهیه می‌شود، مورد استفاده قرار گرفت. این تصاویر ماهواره‌ای نیز همانند تصاویر قبلی بصورت روزانه در شبکه

1- Trace gases
2- Anisotropic reflection
3- Madronich
4- U.S National Center for Atmospheric Research (NCAR)

5- Atmospheric Data Assimilation System

(Grid) جهانی ۰/۲۵ × ۰/۲۵ درجه (۲۵ کیلومتر در ۲۵ کیلومتر) در اختیار قرار دارند و از سال ۱۹۸۰ تاکنون در آرشیو مرکزی موجود می باشند. تصاویر ماهواره‌ای مورد اشاره از طریق سایت اداره کل ملی هوانوردی و فضای[1] آمریکا (به اختصار ناسا) بصورت رایگان در دسترس عموم پژوهشگران قرار دارد.

ج) روش پژوهش

در این پژوهش با در اختیار داشتن داده‌های ورودی مورد نیاز مدل TUV برآورد مقادیر نابش UVB در چهار حالت زیر انجام شد:

الف) شرایط آسمان کاملاً صاف (Clear Sky): در این حالت، مقدار ابرناکی در ورودی مدل TUV صفر در نظر گرفته می‌شود.

ب) شرایط آسمان کاملاً ابری (Overcast): در این حالت، مقدار ابرناکی در ورودی مدل TUV صد در صد در نظر گرفته می‌شود.

ج) شرایط واقعی (All Sky): منظور از شرایط واقعی، تاثیر مقدار ابرناکی گزارش شده و اعمال آن در طول ساعات آفتابی در نتایج مدل TUV است. برای محاسبه این حالت در ابتدا حداکثر طول روز (N) و مقدار ساعات آفتابی (n) به صورت متوسط ماهیانه جهت محاسبه ضریب (n/N) که یک ضریب تعدیلی است، محاسبه گردید. سپس با ضرب کردن این ضریب تعدیلی در مقادیر تابش شرایط آسمان کاملاً صاف، تابش در شرایط فوق بدست می‌آید. ذکر این نکته ضروریست که پایش‌های دقیق پوشش ابری، ارتفاع موثر ابرها، توزیع اندازه قطرک‌های داخل ابر و تفکیک مایع یا کریستال بودن ذرات داخل ابر که بر تابش فرابنفش دریافتی تاثیرگذارند، در مقیاس‌های زمانی طولانی مدت در دنیا در دسترس نمی‌باشد. به همین علت فرض شرایط فوق کاملا واقعی نیست. با این حال، در ادبیات تابش از این اصطلاح استفاده می‌گردد (۱۶).

د) اختلاف نسبی تابش آسمان کاملاً صاف با آسمان کاملاً ابری: در این حالت تفاوت نسبی دو حالت (الف) و (ب) محاسبه و پهنه‌های مربوطه تولید شد. هدف از ارائه این حالت پاسخ به این پرسش است که آیا ابرناکی کامل در منطقه می‌تواند ریسک تابش UVB را بطور قابل ملاحظه کاهش دهد؟

در انتها، نقشه‌های پهنه‌بندی مقادیر UVB در تمام حالت‌های ذکر شده در محدوده مورد مطالعه بصورت متوسط فصلی (میانگین ۱۳ ساله) با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰,۴,۱ تولید می‌گردد.

1- National Aeronautics and Space Administration (https://disc.gsfc.nasa.gov)

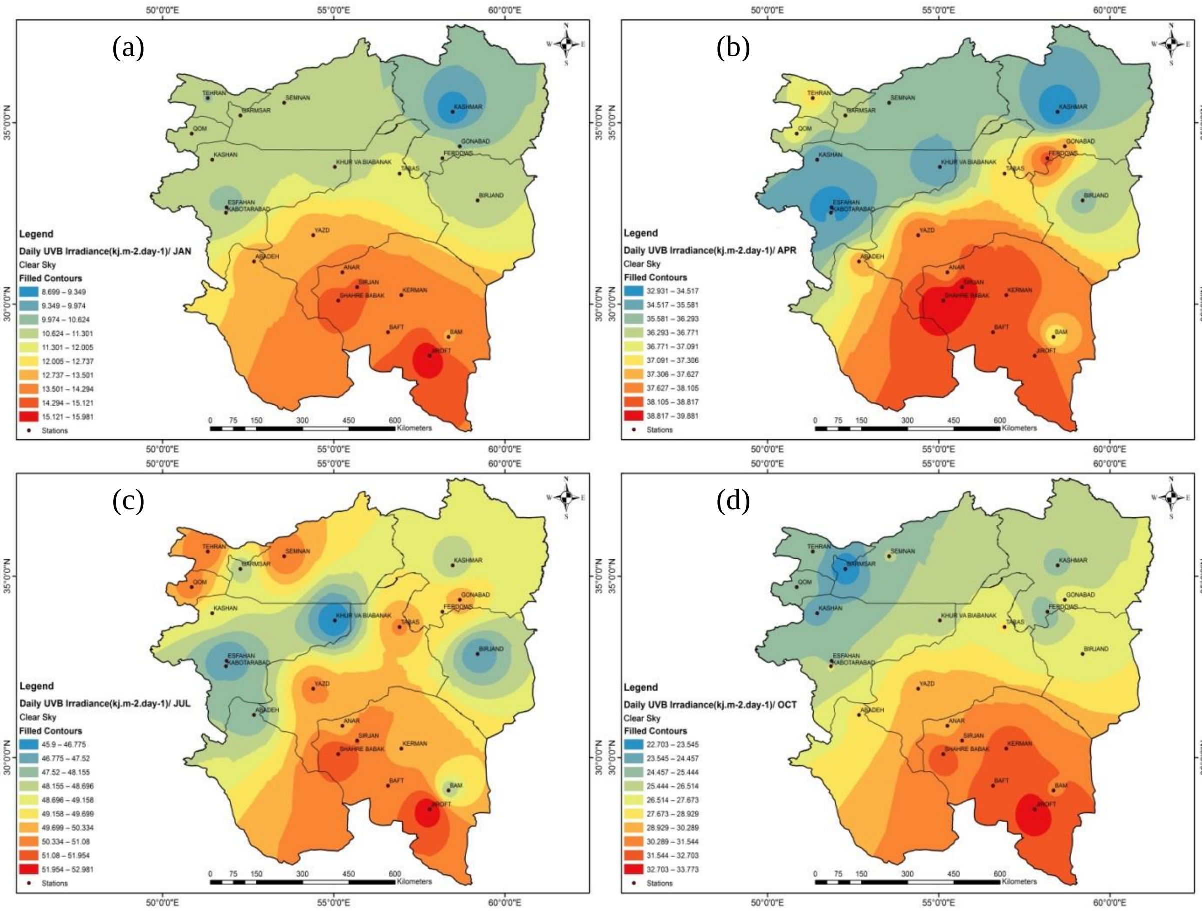
نتایج و بحث

شرایط آسمان کاملاً صاف

در این مطالعه ابتدا با استفاده از مدل TUV و داده‌های ورودی عمق نوری هواویز، اُزون کلی جو و آلبیدوی سطح زمین مقدار تابش تجمعی روزانه UVB تحت شرایط ایده‌آل آسمان صاف (بدون ابر) برآورد گردید تا پتانسیل منطقه برای دریافت بیشترین تابش فرابنفش در فصول مختلف برآورد گردد. در شکل ۲ پهنه‌های جغرافیایی تابش تجمعی روزانه UVB در ماه‌های ژانویه، آوریل، جولای و اکتبر (به ترتیب بعنوان نماینده فصل‌های زمستان، بهار، تابستان و پاییز) در شرایط آسمان کاملاً صاف ارائه شده است.

با توجه به شکل 2c فصل تابستان بیشترین مقادیر UVB روزانه را در منطقه تجربه کرده است (با بیشینه ۵۳ کیلوژول بر متر مربع در روز برای ایستگاه جیرفت). برعکس، ماه ژانویه (بعنوان نماینده فصل زمستان) نیز در بین ماه‌های سال کمترین مقادیر UVB به خود اختصاص داده است (با کمینه ۹ کیلوژول بر متر مربع در روز در ایستگاه کاشمر). با توجه با شکل 2d بزرگترین بازه تغییرات جغرافیایی تابش روزانه UVB در فصل پاییز (بین ۲۲ تا ۳۳ کیلوژول بر متر مربع در روز) رخ شده است. این در حالیست که کوچکترین بازه تغییرات جغرافیایی در نماینده فصل تابستان (بین ۴۵ تا ۵۲ کیلوژول بر مترمربع در روز) به وقوع پیوسته است. در مجموع، بیشترین و کمترین مقادیر UVB روزانه در نواحی جنوب شرقی (تابستان) و شمالشرقی (زمستان) منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود. در فصول بهار و تابستان (شکل‌های ۲b,c) گرچه همچنان بیشینه شدت تابش UVB در نواحی جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه متمرکز است، اما برخی نواحی شمال غربی به خصوص ایستگاه‌های تهران، قم و سمنان استثنائا" افزایشی تا ۱۰ درصد در شدت روزانه UVB نسبت به نواحی همجوار از خود نشان می‌دهند. بررسی نقشه پهنه اُزون فصلی (بهار) در دوره مطالعاتی تایید نمود که در شهرهای ذکر شده مقدار اُزون کلی جو کمتر از ایستگاه‌های اطراف بوده است. کاهش ازون در ایستگاه‌های فوق مطالعه مجزایی نیاز دارد.

توزیع جغرافیایی تابش روزانه تجمعی UVB تحت شرایط آسمان صاف بیانگر این واقعیت است که در اغلب فصول سال تمرکز بیشینه آن در جنوب منطقه می‌باشد و حاکی از ریسک بالای دریافت پرتوهای فرابنفش برای سلول‌های زیستی این منطقه است. بر عکس شدت‌های کمتر در نواحی شمال‌شرقی منطقه برآورد گردید. همخوانی پهنه‌های ماهیانه UVB با مقادیر ماهیانه اُزون کلی در منطقه مورد مطالعه (حاصل این پژوهش) نیز وجود داشت. ولی در برخی ماه‌ها مانند آگوست و سپتامبر استثنائا در مناطقی علی‌رغم مقدار اُزون بیشتر، تابش روزانه فرابنفش UVB دریافتی نیز بالا بود. در این رابطه تاثیر عمق نوری آئروسول‌ها بر شدت تابش دریافتی را نمی‌توان نادیده گرفت.



شکل ۲- میانگین فصلی تابش تجمعی روزانه UVB (کیلوژول بر متر مربع در روز): a) زمستان، b) بهار، c) تابستان، d) پاییز در منطقه مورد مطالعه تحت شرایط آسمان کاملاً صاف

Figure 2- Seasonal mean daily UVB radiation (kj/m^2.day): a) Winter, b) Spring, c) Summer, d) Autumn in the study area for Clear-Sky conditions

در برخی ایستگاها نظیر اصفهان، کبوترآباد و خور بیابانک که مقدار اُزون کلی تغییر قابل ملاحظه‌ای نداشت کاهش شدت تابش روزانه UVB تا حدود ۲۰ درصد در بهار و تابستان در این ایستگاه‌ها مشاهده گردید. با بررسی مقادیر عمق نوری هواویزها مشخص شد که علت این کاهش، افزایش عمق نوری هواویزها (تا ۳ برابر نواحی اطراف) در ایستگاه‌های مذکور می باشد. بطوریکه که تاثیر عمق نوری بالای آئروسول‌ها در فصول بهار و تابستان در شهرهای کبوترآباد و خوربیابانک استان اصفهان در کاهش قابل ملاحظه تابش UVB دریافتی در شرایط آسمان صاف به وضوح مشهود است. لازم به توضیح است که در پژوهش حاضر نقشه‌های پهنه توزیع جغرافیایی اُزون کلی،آلبیدوی سطح، عمق نوری آئروسُول‌ها، و عمق نوری ابرناکی در مقیاس ماهیانه تهیه گردید (جمعا ۴۸ شکل)، ولی به علت محدودیت تعداد صفحات در مقاله درج نگردید.

با توجه به نتایج مطالعات پیشین که بیشینه تابش روزانه UVB را برای عرض‌های میانی تا ۸۰ کیلوژول بر متر مربع در روز گزارش نموده‌اند (۱۵)، ریسک بالای تابش در شرایط آسمان صاف در محدوده طول موج‌های UVB در ایران مشهود است (با بیشینه ۵۴ کیلوژول بر متر مربع در روز در ماه خرداد در ایستگاه جیرفت). ذکر این نکته ضروریست که علاوه بر زاویه تابش خورشید (زاویه سمت الراس خورشید) طول روز در منطقه در ایجاد این بیشینه تابش تجمعی روزانه نقش داشته است (۱۶). به نظر می‌رسد که با توجه به افزایش طول روزهای تابستان در شمال منطقه، وقوع بیشینه تابش روزانه UVB در جنوب منطقه، غلبه ازون کلی و زاویه تابش را بر طول روز تایید می‌کند.

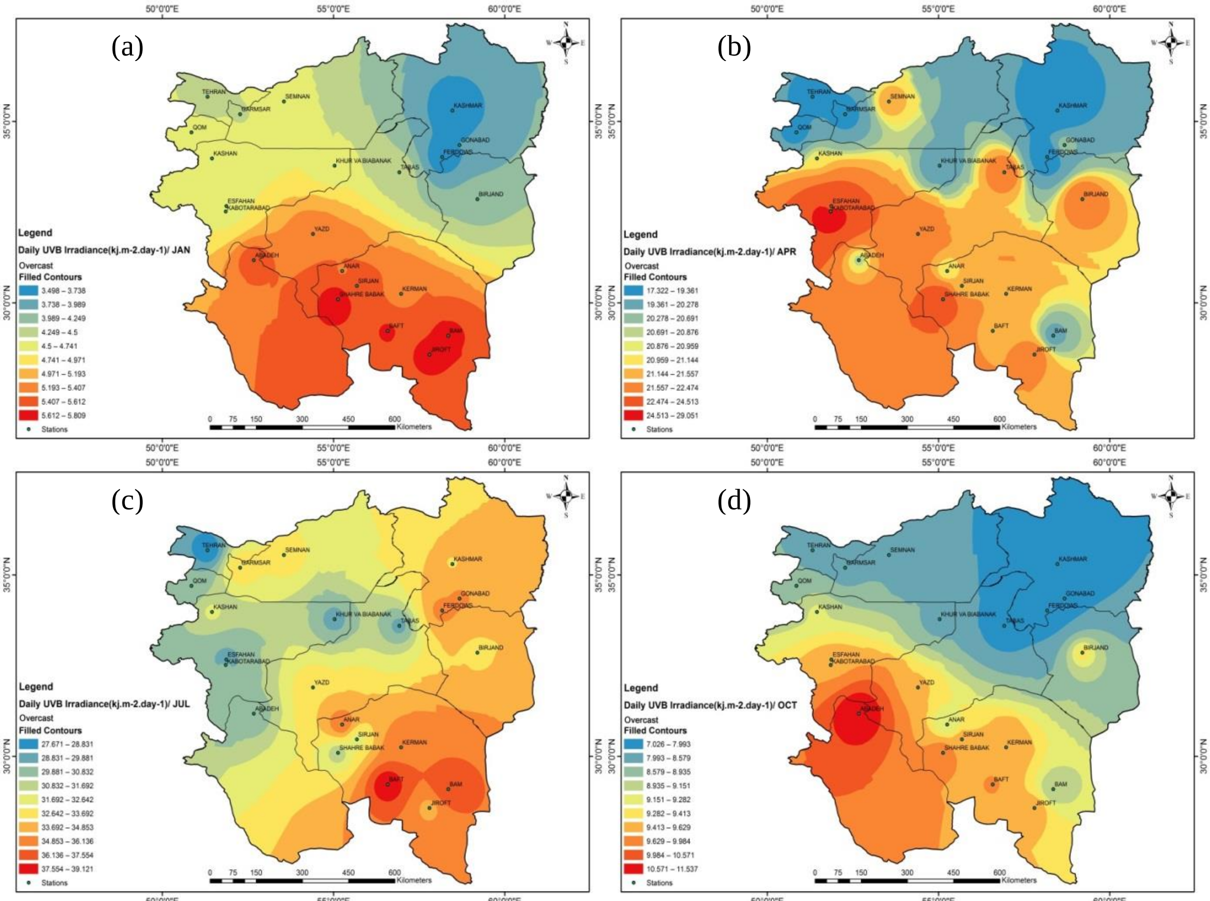
شرایط آسمان کاملاً ابری

در این پژوهش مقدار تابش تجمعی روزانه UVB تحت شرایط

آسمان کاملاً ابری نیز برآورد گردید تا با شرایط آسمان کـاملا صـاف مقایسه شوند و تاثیر ابرناکی و هواویزها بـر تـابش رسـیده بـه سـطح زمین مورد ارزیابی قرار گیرد. در شکل ۳ پهنـه بنـدی UVB در مـاه های ژانویه، آوریل، جولای و اکتبر (به ترتیب بعنوان شاخص فصـل-های زمستان، بهار، تابستان و پاییز) در شرایط آسمان کاملاً ابری ارائه گردیده است.

همانند شرایط آسمان کاملاً صاف، فصل تابسـتان تحـت شـرایط فرضی کاملا ابری بیشترین و فصل زمسـتان کمتـرین تـابش روزانـه UVB را تجربه نموده است (شکل‌های ۳a,c). بزرگترین بازه تغییرات جغرافیایی تابش در فصل بهار و تابسـتان (حـدود ۱۲ $kj/m^2.day$) رخ داده است، در حالی‌که کـوچکترین بـازه تغییـرات در فصـل زمسـتان (حدودا ۲/۳ $kj/m^2.day$) به وقوع پیوسـته اسـت. در شـرایط آسـمان کاملاً صاف، بزرگترین بازه تغییرات در فصل پاییز و کـوچکترین بـازه تغییرات در فصل تابستان رخ داده بود که بیانگر این واقعیت است کـه شرایط تمام ابری منجر به تغییرات فصلی دامنه تابش روزانه می‌گردد.

با انطباق جغرافیایی نقشه‌های روزانه تابش UVB بـا نقشـه داده هـای ورودی (اُزون، ابرنـاکی، آلبیـدوی سـطحی و هـواویز جـوی) مشخص شد کـه پهنـه‌هـای UVB در شـرایط تمـام ابـری، تطـابق بیشتری با پهنه‌های ابرناکی دارند. به طوری‌که در هـر ناحیـه‌ای کـه کمینه ابرناکی وجود داشت مقادیر بیشتری از تابش فـرابنفش تجربـه شده بود، و بالعکس (به دلیل محدودیت تعـداد صـفحات، نقشـه‌هـای پهنه داده های ورودی نشان داده نشد). البته این به آن معنا نیست که تاثیر سایر پارامترها را باید نادیده گرفت. در مجموع، بیشـترین مقـدار تابستانه تابش UVB در نواحی جنوب شرقی منطقه مورد مطالعـه بـه خصوص ایستگاه‌های بم، بافت و جیرفت (تا ۳۹ کیلوژول بر متر مربع در روز) و کمترین مقدار در زمستان در نـواحی شـمال شـرقی منطقـه مورد مطالعه به خصوص ایستگاه‌های کاشمر و فردوس (کمتـر از ۳/۸ کیلوژول بر متر مربع در روز) مشاهده می‌شود (شکل ۳a). در ماه‌هـای آوریل و اکتبر (نماینده فصول بهار و پاییز) کمتـرین مقـادیر تـابش در نواحی شمالی منطقه مشاهده می گردند (شکل‌های ۳b,d).



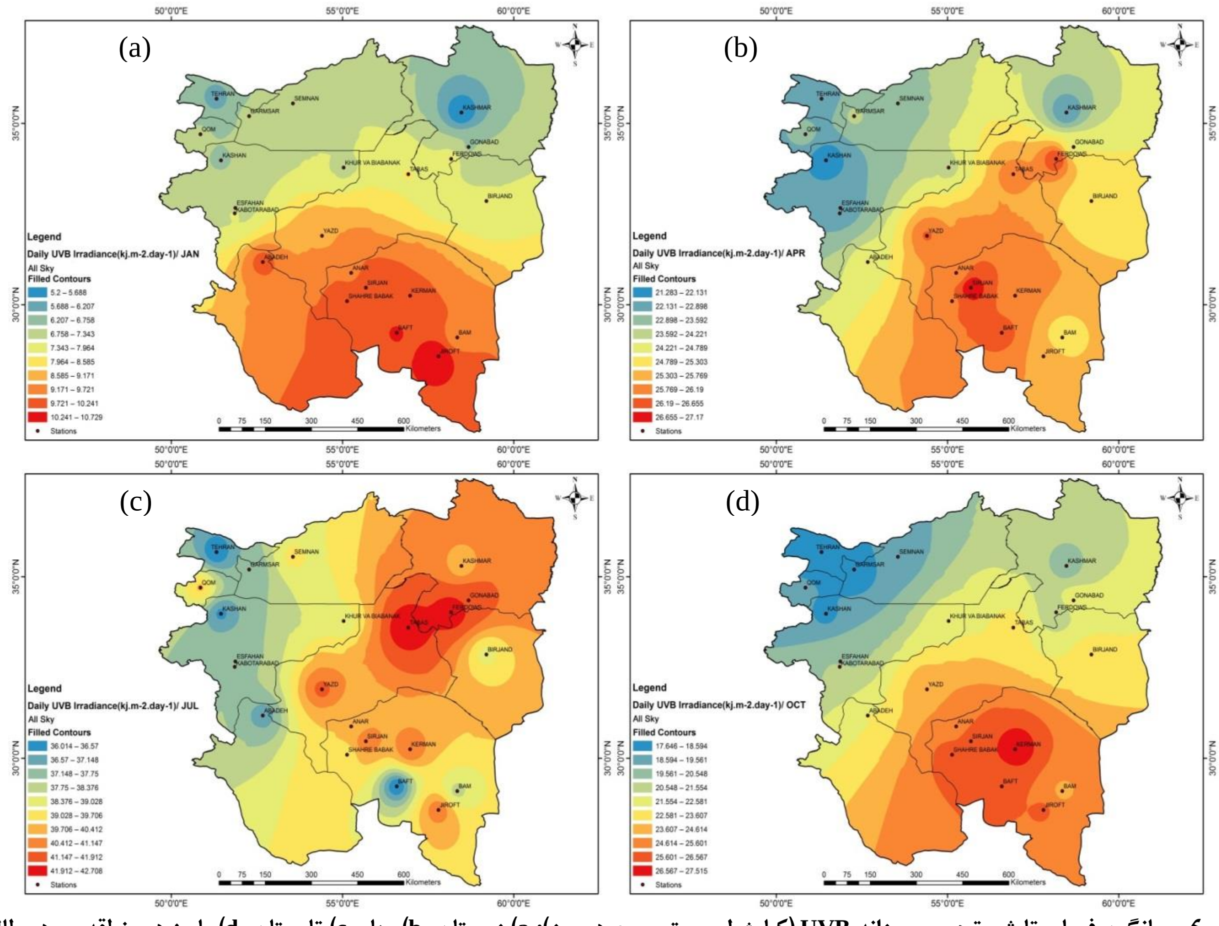
شکل ۳- میانگین فصلی تابش تجمعی روزانه UVB (کیلوژول بر متر مربع در روز): a) زمستان، b) بهار، c) تابستان، d) پاییز در منطقه مورد مطالعه تحت شرایط آسمان کاملاً ابری

Figure 3- Seasonal mean daily UVB radiation ($kj/m^2.day$): a) Winter, b) Spring, c) Summer, d) Autumn in the study area for overcast conditions

شرایط واقعی آسمان

همانطور که در بخش قبل اشاره شد، با استفاده از طـول روز (N) و مقدار ساعات آفتابی (n) ماهیانه، ضریب تعدیلی (n/N) محاسبه و با اعمال این ضریب تعدیلی در مقادیر UVB آسمان کاملاً صاف تـابش روزانه UVB در شرایط واقعی آسـمان (All Sky) بـرآورد گردیـد. در شکل ۴ پهنه بندی UVB در ماه‌های ژانویه، آوریل ، جولای و اکتبـر (به ترتیب بعنوان نماینده فصل‌های زمستان، بهار، تابستان و پاییز) در شرایط واقعی آسمان ارائه گردیده است. مقادیر UVB تحـت شـرایط واقعی آسمان به نسبت آسمان کـاملاً صـاف بـه طـور متوسـط از ۱۹ درصد در فصل پاییز تا ۳۳ درصد در فصل بهـار کـاهش پیـدا نمـوده است.

مطابق انتظـار فصـل تابسـتان دارای بـالاترین مقـادیر UVB در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه بـوده اسـت و فصـل زمسـتان دارای کمترین مقادیر در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعـه اسـت. بزرگتـرین بازه تغییرات (اختلاف کمینه و بیشینه) تابش روزانه UVB (حدودا بین ۱۷/۶ تا ۲۷/۵ k/m^2.day) در فصـل پـاییز (شـکل ۴d) حـادث شـده است، در حـالی کـه کـوچکترین بـازه تغییـرات (بـین ۳۶/۱ تـا ۴۲/۷ k/m^2.day) در فصل تابستان به وقوع پیوسته است. بیشترین بیشـینه شدت تجمعی تابش UVB روزانه در همه فصول به اسـتثناء تابسـتان در نواحی جنوب منطقه متمرکز بوده است. در فصل تابستان بیشـینه تابش روزانه به نواحی شمال شرقی منطقه مورد مطالعه منتقـل شـده است (شکل ۴c). از دلایل این انتقال، علاوه بر تـاثیر ازون بـه تـاثیر مونسون تابستانه هنـد در بـر هـم زدن توزیـع جغرافیـایی بخـار آب، ابرناکی و ریزگرد در منطقه اشاره نمود.



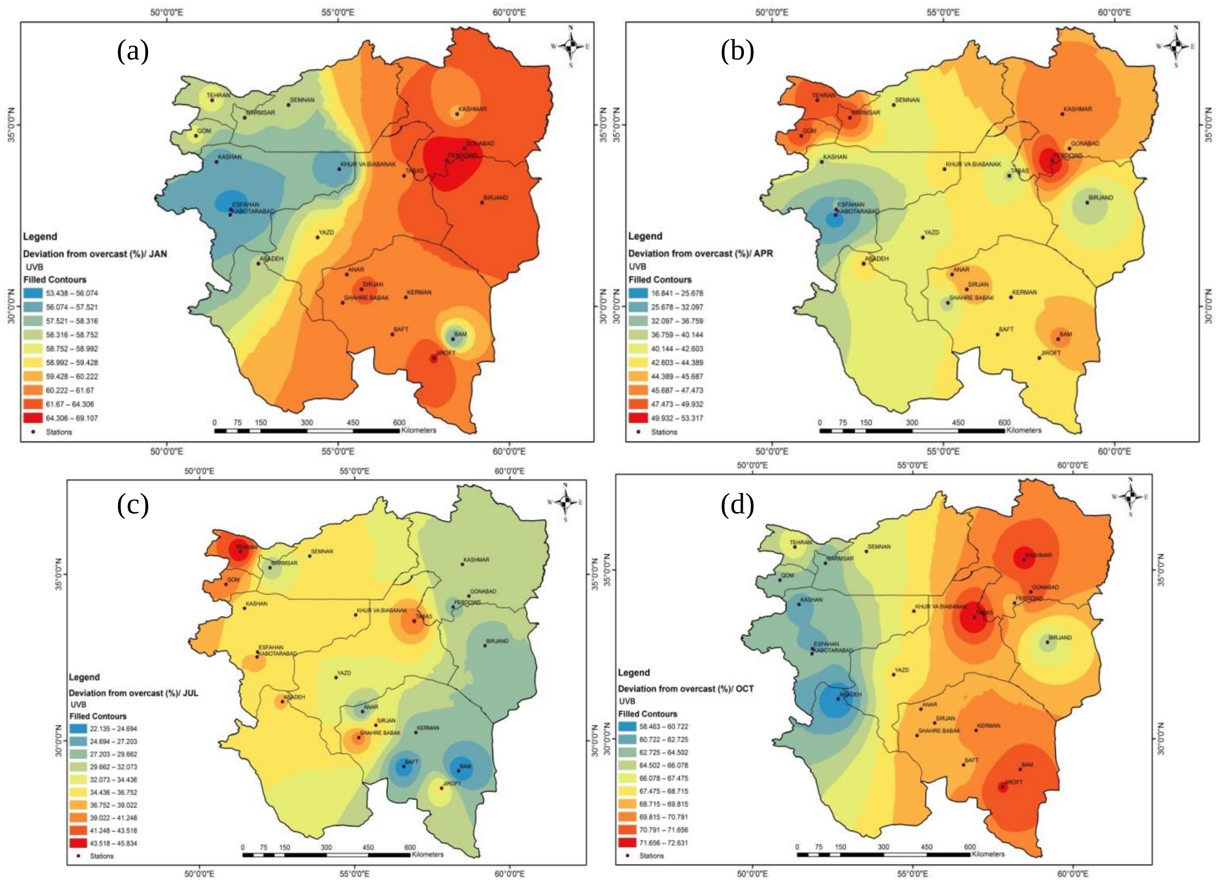
شکل ٤- میانگین فصلی تابش تجمعی روزانه UVB (کیلوژول بر متر مربع در روز): a) زمستان، b) بهار، c) تابستان، d) پاییز در منطقه مورد مطالعه تحت شرایط واقعی آسمان

Figure 4- Seasonal mean daily UVB radiation (kj/m^2.day): a) Winter, b) Spring, c) Summer, d) Autumn in the study area for All-Sky conditions

تفاوت آسمان کاملاً صاف با آسمان کاملاً ابری

به منظور بررسی تاثیر ابرناکی در شدت تابش تجمعی روزانه UVB در سطح زمین مقادیر تابش تجمعی در دو حالت حدی آسمان کاملا صاف و کاملا ابری در منطقه مورد مقایسه قرار گرفت. با این هدف که ایا شرایط کاملا ابری خطر شدت‌های بالای تابش UVB را در صورت وقوع در منطقه کاهش خواهد داد؟ در این بخش به منظور درک بهتر مقایسه بصورت نسبی انجام شد تا میزان کاهش حاصل از پوشش ابری بهتر درک شود. همچنین با توجه به اینکه هدف از مطالعه شناسایی مناطق با ریسک زیاد و بررسی تاثیر پوشش ابری یکسان در منطقه مورد مطالعه است، ضخامت ابر بصورت پیش فرض در کل منطقه یک کیلومتر فرض شد. لازم به ذکر است در صورتیکه مقادیر حدی حداکثر شدت UV مد نظر نباشد، اطلاعات دقیق ضخامت ابر در هر ایستگاه و بکارگیری آن در مدل TUV ضروریست. متاسفانه این اطلاعات فعلا در ایستگاه‌های هواشناسی کشور ثبت نمی‌شود و اطلاعات سنجنده‌های ماهواره‌ای دقت لازم را برای ورودی مدل‌های تابش ندارند. در این بخش نیز ماه‌های ژانویه، آپریل، جولای و اکتبر به ترتیب بعنوان شاخص فصل‌های زمستان، بهار، تابستان و پاییز در نظر گرفته شد.

در شکل ۵ پهنه‌بندی تفاوت نسبی (درصد) تابش تجمعی روزانه UVB در شرایط تفاوت آسمان کاملاً صاف با آسمان کاملاً ابری ارائه است. همانطور که قبلاً اشاره شد، این حالت از حاصل تقسیم، تفاوت مقادیر آسمان کاملاً صاف و کاملاً ابری، بر مقدار مشابه در آسمان کاملا صاف به دست آمده است. حداکثر تفاوت نسبی UVB با میانگین منطقه‌ای ۶۵/۵ درصد در فصل پاییز رخ داده است. در سایر فصل‌های مورد مطالعه فصل تابستان با مقدار متوسط ۳۲ درصد کمترین انحراف نسبی را به خود اختصاص داده است (شکل ۵c). بزرگترین بازه انحراف نسبی UVB روزانه (بین ۱۶/۸ تا ۵۳/۳ درصد) در ماه آوریل (نماینده فصل بهار) مشاهده می‌شود (شکل ۵b)، در حالی که کوچکترین بازه تغییرات UVB (بین ۵۸/۴ تا ۷۲/۶ درصد) در نماینده فصل پاییز به وقوع پیوسته است (شکل ۵d). طبق شکل ۵ کمترین و بیشترین تفاوت نسبی نقطه‌ای در ایستگاه‌های کبوترآباد اصفهان (آوریل، ۱۶/۸ درصد) و طبس (اکتبر، ۷۲ درصد) ثبت شده است.



شکل ۵- تفاوت نسبی تابش تجمعی روزانه UVB آسمان صاف نسبت به آسمان تمام ابری: a) زمستان، b) بهار، c) تابستان، d) پاییز (بر حسب درصد)

Figure 5- Relative differences between the total daily UVB radiation in clear-sky with overcast conditions: a) Winter, b) Spring, c) Summer, and d) Autumn (in percent)

بررسی پهنه‌ها نشان می‌دهد که ابرناکی تاثیر به سزایی بر تـابش روزانه UVB دارد. این تاثیر به گونه ایست که شـرایط آسـمان تمـام ابری (با ابری به ضخامت یک کیلومتر در ارتفاع ۴ کیلـومتری بـالای منطقه) قـادر اسـت تـابش روزانـه دریـافتی را در در محـدوده طـول موجهای UVB در مقیاس نقطه‌ای تا ۷۳ درصد (پاییز) کـاهش دهـد. این تاثیر کاهشی در همه فصول سال یکسان نمی‌باشد. تاثیر کاهشـی ابر بر تابش سطحی فرابنفش در فصول گـرم سـال (بـه دلیـل زاویـه سمت‌الراس کمتر) بطور نسبی کمتر از فصـول سـرد سـال مـی‌باشـد. مقدار انحراف مشاهده شده از تاثیر کاهشی آسمان تمام ابـری در مـاه های گرم ژوئن، جولای، اگوست و سپتامبر در محدوده طول موج‌های UVB بین ۲۲ الی ۴۶ در صد می‌باشد. در مـاه‌هـای سـرد نـوامبر تـا مارس، میانگین تاثیر کاهشی پوشش تمام ابری بر تابش دریـافتی در محدوده ۵۳ الی ۷۳ درصد بدست آمد (بطور متوسط ۲ برابر تابسـتان). علت این امر را می‌توان به زاویه سمت الراس بیشتر (پرتوهای مایل‌تر در فصول سرد سال) نسبت داد. لازم به یادآوریست که در این بخش، در محاسبه تابش روزانه چه در شرایط آسمان صاف و چـه در شـرایط تمام ابری متغیرهای ورودی نظیر عمق اپتیکی هواویزها، اُزون کلی، و ضریب آلبیدو در محاسبات یکسان نظر گرفته شد تـا امکـان بررسـی تاثیر ابرناکی فراهم گردد. در این رابطه نیز ضخامت ابر در کل منطقه یکسان و برابر یک کیلومتر (ارتفـاع پایـه ۴ کیلـومتر و ارتفـاع قلـه ۵ کیلومتر) لحاظ گردید.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج بدست آمده حاکی از این است که فصل تابستان در تمـامی ایستگاه‌های مورد مطالعه و در تمامی شـرایط مـورد بررسـی (آسـمان کاملاً صاف، کاملاً ابری و واقعـی) بـالاترین مقـادیر تجمعـی روزانـه UVB را تجربه نموده است. کمینه مقـادیر روزانـه UVB نیـز بـرای تمام شرایط مورد بررسی در فصل زمستان رخ داد. این نتیجه با نتـایج تحقیقــات مــوقری و خســروی (۱۲) و موســوی و همکــاران (۱۰) همخوانی نشان داد. نامبردگان عنوان نمودنـد شـدت بـالای شـاخص پرتو فرابنفش (UVI) در گستره ایران، در فصول گرم سـال (بهـار و تابستان) در نیمه جنوبی کشور رخ مـی‌دهـد و بیشـینه شـاخص پرتـو فرابنفش در عرض‌های جنوبی کشور متمرکز است (۱۰ و ۱۲). نتـایج مقایسه تابش تجمعی روزانه شبیه سازی شده در شرایط آسمان کاملاً صاف با شرایط آسمان کاملاً ابری نشان می‌دهـد کـه مقـادیر روزانـه UVB تحت شرایط آسمان کاملاً ابری نسبت به آسمان کاملاً صـاف به طور متوسط از ۳۳ درصد در فصل تابستان تا ۶۷ درصـد در فصـل پاییز کاهش می‌یابد. علت کاهش بیشتر در فصل پاییز این اسـت کـه در ماه‌های سرد سال به دلیل زاویه سمت الراس بیشتر و افزایش طول مسیر پرتوها، تاثیر کاهشی ابر بر تابش سـطحی UVB بطـور نسـبی بیشتر از ماه‌های گرم سال رخ می‌دهد. برآوردها نشان داد کـه تـابش تجمعی روزانه UVB در اغلب فصول سال در مناطق جنـوبی منطقـه مورد مطالعه شدت بیشـتری دارد و ایـن منـاطق در معـرض ریسـک بیشتری از خطرات بیولوژیکی پرتوهای فرابنفش قرار دارنـد. البتـه در ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست به دلیل نفوذ مونسـون هندوسـتان از سمت جنوب‌شرق، این بیشینه قدری بـه سـمت عـرض‌هـای شـمالی کشیده می‌شود.

لازم به ذکر است که علاوه بر زاویه تابش خورشیدی، طول روز در نقاط مختلف منطقه در ایجاد و جابجایی بیشینه UVB نقـش دارد. به نظر می‌رسد که علیرغم بالاتر بودن طـول روز تابسـتانه در شـمال منطقه، علت انتقال بیشینه به شهرهای جنوب منطقه به زاویـه تـابش عمودی‌تر (زاویه سمت الراس کمتر) و اُزون کلی کمتر مرتبط باشد. در تحقیق فیولوتوف و همکاران (۳) نیز عنوان شده است که شدت تابش اشعه فرابنفش با مقـدار زاویـه سـمت الـرأس نسـبت معکـوس دارد. بطوریکـه افـزایش در زاویـه مـذکور، کـاهش در شـدت تـابش پرتـو فرابنفش را در پی دارد (شدت تابش دریافتی در سطح زمین متناسـب با کسینوس زاویه سمت الرأس خورشیدی است). ضمنا، طـول مسـیر پرتوهای عبوری از جو با افزایش زاویه سمت‌الرأس خورشیدی افزایش می‌یابد. بنابراین هرگونه جذب یا پخش توسط گازهای جوی یـا ذرات معلق در هوا با افزایش طول مسیر افزایش می‌یابد. مقایسه کلی پهنـه های تابش فرابنفش با مقادیر اُزون، ابرناکی، آلبیدو و هواویزها حـاکی از این واقعیت است که وقوع کمینه و بیشـینه‌هـای تـابش فـرابنفش UVB در شرایط تمام ابری بیشتر تحت تاثیر توزیع اُزون کلـی جـو و عمق اپتیکی ابرها قرار دارند و نوسانات ماهیانه آلبیدو و غلظت هواویز تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر جابجایی مراکز بیشینه و کمینه تابش روزانـه UVB ندارد (در پژوهش حاضر ۴۸ نقشـه ماهیانـه توزیـع جغرافیـایی آلبیدوی سطحی و عمق نوری هواویزها تهیه ولی بـدلیل محـدودیت تعداد صفحات در مقاله ارائه نگردید). مقایسه پهنه جغرافیـایی مقـادیر تابش تجمعی روزانه UVB با اُزون کلـی و عمـق نـوری ابـر روشـن ساخت که در مواقعی که عمق نوری ابرها قابل ملاحظه اسـت (مـاه-های دسامبر تا آوریل) عامل ابرناکی در کاهش تابش UVB مؤثرتر از غلظت اُزون کلی عمل می‌کند. برعکس، در مواقعی که مقدار ابرهـا و عمق نوری آنها کم است تاثیر نسبی اُزون کلی بر تابش UVB بیشتر است. این نتیجه با نتایج پژوهش شرعی پـور و علـی اکبـری (۱۷) در ایستگاه اصفهان همخوانی داشت.

با توجه به اینکه در این پژوهش محاسـبات بصـورت ایسـتگاهی صورت گرفت، جهت استخراج پهنه‌های دقیق‌تر، پیشنهاد می شـود از داده‌های گریدبندی شده سایر نقاط خارج از ایستگاه نیز استفاده گردد. ضمنا چون اعتبارسنجی خروجی مدل‌های انتقال تابش نیاز مبـرم بـه

داده های زمینـی دارد، امیـد اسـت کـه همکـاری مشـترک سـازمان هواشناسی و سازمان محـیط زیسـت کشـور زمینـه مناسـبی را بـرای تاسیس شبکه پایش زمینی تابش فرابنفش خورشیدی در کشور فراهم نماید.

سپاسگزاری

مقاله حاضر برونداد طرح پژوهشی با شـماره قـرارداد ۸۵۱۰۵/۵۰ تحت حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران ریاسـت جمهـوری انجام شده است که بدینوسیله از آن مرکز تشکر و قدردانی مـی‌شـود. نویسندگان مقاله صمیمانه از راهنمایی علمی دکتر ساشـا مـدرونیچ در مرکز NCAR کلُرادو آمریکا قدردانی می‌نمایند. همچنـین از مـدیران آرشیو اطلاعات سایت ناسا بخاطر در اختیار گذاشـتن داده‌هـای مـورد نیاز قدردانی می‌شود.

منابع

1- Abedzadeh M., and Pourakbar L. 2014. Effects of UV-B and UV-C radiation on antioxidative enzymes activity of Melissa officinalis and influences of salicylic acid in UV-stress ameliorations. Iranian Journal of Plant Biology 6(21): 1-14. (In Persian with English abstract)
2- Farajzadeh Asl M., Ghavidel Rahimi Y., and Ardeshiri Kalhor M. 2014. Analysis of ultraviolet radiation changes in Isfahan region. Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards 1(2): 93-105. (In Persian with English abstract)
3- Fioletov V., James B., Kerr R., and Fergusson A. 2010. The UV Index: Definition, Distribution and Factors Affecting it. Canadian Journal of Public Health 101(4): 15-19.
4- Kerr J.B., and Fioletov V. 2008. Surface Ultraviolet Radiation. Journal of Atmosphere Ocean 46(1): 159-184.
5- Khatami F., and Ghanati F. 2014. Investigating the effect of tension of ultraviolet B and C rays on the pharmacological composition of cheese calluses (*Malva neglecta* Wallr.). Scientific-Research Quarterly Journal of Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research 30(1): 30-41. (In Persian with English abstract)
6- Lam K.S., Aijun D., Chan L.Y., Wang T., and Wang T.J. 2002. Ground-based measurements of total ozone and UV radiation by the Brewer spectrophotometer at Hong Kong. Atmospheric Environment Journal 36: 2003-2012.
7- Madronich S. 1993. The atmosphere and UV radiation at ground level. Journal of Environmental UV Photobiology 69(3): 1-39.
8- McKenzie R.L., Aucamp P.J., Bais A.F., Bjorn L., and llyas M. 2007. Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. Journal of Photochem and Photobiology 6: 218-231.
9- Michalsky J.J., and Kiedron P.W. 2008. Comparison of UV-RSS spectral measurements and TUV model runs for clear skies for the May 2003 ARM aerosol intensive observation period. Journal of Atmospheric Chemistry and Physics 8: 1813-1821.
10- Mousavi SH., Hajizadeh A., and Hasani M. 2012. Modified Satellite Data Model in Solar Ultraviolet Radiation Zoning in Iran. Ozone and Ultraviolet Radiation Conference 71-78. (In Persian with English abstract)
11- Moradi M.M., Pourakbar L., Moghaddam S.S., and Popović-Djordjević J. 2019. Agrobiological, chemical and antioxidant properties of saffron (*Crocus sativus* L.) exposed to TiO_2 nanoparticles and ultraviolet-B stress. Industrial Crops and Products 117: 137-143.
12- Movaghari A., and Khosravi M. 2014. Calculation, evaluation and analysis of spatial distribution of ultraviolet light index in Iran. Journal of Applied Research in Geographical Sciences 14(34): 11-31. (In Persian with English abstract)
13- Palancar G.G., and Toselli B.M. 2004. Effects of meteorology on the annual and interannual cycle of the UV-B and total radiation in Córdoba city, Argentina. Journal of Atmospheric Environment 38: 1073-1082.
14- Pribullova A., and Chmelik M. 2008. Typical distribution of the solar erythemal UV radiation over Slovakia. Atoms. Chem. Phys. Discuss Journal 8: 5919-5938.
15- Sabziparvar A.A., Keith P., Shine B., and Piers M. 1999. A Model Derived Global Climatology of UV Irradiation at the Earth Surface. Journal of Photochem and Photobiology 69(2): 193-202.
16- Sabziparvar A.A. 2007. General formula for estimation of monthly mean global solar radiation in different climates of south and north coasts of Iran. International Journal of Photoenergy doi:10.1155/2007/94786.
17- Shariepour Z., and Aliakbari Bidokht A. 2012. The effects of cloudiness and total ozone on UV-B radiation in Esfahan region. Iranian Journal of Geophysics 5(4): 74-88. (In Persian with English abstract)
18- WHO. 2006. Global disease burden from solar ultraviolet radiation. World Health Organization Report. ISBN 92-4-159440-3: 15-43.

Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 2, May-June 2021, p. 285-297

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۴۰۰، ص. ۲۹۷-۲۸۵

Evaluating the Impact of Clouds on Total Daily UVB Irradiances in Arid and Semi-arid Regions of Iran

A.A. Sabziparvar*[1]- A.R. Seifzadeh Momensaraei[2]
Received: 14-07-2020
Accepted: 27-02-2021

Introduction: Although the contribution of Ultra-violet (UV) radiation is about 5-7% of the whole solar energy; nevertheless, it plays an important role in regulating the biological and photochemical processes within the Earth-atmospheric system. Ultra-violet radiation is well-known for its significant influence on human health and the environment. High UV doses have negative effects on the skin (erythema (sunburn), skin cancer) and cause eye diseases and immune suppression. However, moderate UV doses have positive effects causing vitamin D production. Apart from the solar elevation, ozone and cloudiness are the main factors affecting UV level and providing significant year-to-year variability of UV radiation. The effect of clouds on UV radiation is as varied as the clouds change. Fully overcast skies lead to reductions in surface UV irradiance. On average, scattered or broken clouds also cause reductions, but short-term or localized UV levels can be larger than for cloud-free skies if direct sunlight is also present. It is noted that long-term cloud type and amount trends are largely unknown due to the relatively short data record of comprehensive cloud observations and the high variability of clouds on interannual and longer time scales. So far, most studies have focused on in-vitro impacts of UV radiation on human health and plant physiology. Unfortunately, not much research has addressed the effect of ozone and clouds distribution on total daily UVB irradiances in central arid deserts of Iran. Meanwhile, these limited investigations have used Tropospheric Ultraviolet-Visible (TUV5) radiation. The present work is aimed to evaluate the influence of clouds and ozone on daily UVB in different sky conditions.

Materials and Methods: To estimate the total daily UVB irradiances (280-315 nm), 13-year (2005-2017) historical data from 22 meteorological sites (9 provinces) were applied as the input of the TUV5 multilayer radiative transfer model. The Tropospheric Ultraviolet-Visible (TUV) model is used widely by the scientific community for applications including atmospheric photochemistry, solar radiometry, and environmental photobiology. The model calculates spectral radiance, irradiance, and actinic flux over 120-750 nm at an underlying resolution of 0.01 nm, as well as weighted spectral integrals including wavelength bands (visible, UVA, UVB, UVC), photolysis coefficients (112 reactions), and biologically active irradiances (UV index, DNA damage, vitamin D production, etc.). Atmospheric inputs include vertical profiles of N2, O2, O3, NO2, SO2, clouds, and aerosols. The propagation of radiation through multiple atmospheric layers (concentric spherical shells for direct solar beam, plane-parallel for diffuse radiation) is computed using a fast 2-stream approximation or a multi-stream discrete ordinates scheme. Version 5.3 provides updated spectroscopic data for a number of photolysis reactions (7). The aforesaid dataset includes Total column ozone (TCO), Cloud optical depth (COD), Aerosol optical depth (AOD), and Surface albedo (SALB), which were freely extracted from ://disc.gsfc.nasa.gov satellite-based images.

Results and Discussion: TUV5 Model estimated total daily UVB radiation for three different sky conditions (Clear-sky, whole sky cover, real sky) and the results compare to each other. The maximum daily UVB for clear-sky and overcast conditions (whole cloud cover) was found in summer and for the south and south-east of the region (Kerman, Fars, and Yazd provinces). The observed decline in daily UVB due to the clouds varied from 33% in summer to 67% in autumn, which highlights the importance of total cloud cover (overcast) in reducing the UVB radiation in the study sites. For the real sky condition (all-sky), the maximum daily UVB irradiances were found in southern parts of the region for most of the seasons. However, as the Indian summer Monsoon result, the maximum UVB has slightly moved toward the northwest of the region. Meanwhile, the inter-comparison of daily UVB maps with total column ozone (TCO), cloud optical depth (COD), aerosol optical depth (AOD), and surface albedo (SALB) maps show that the geographical position of maximum UVB radiation in southern provinces is in good agreement with the total column ozone and cloud optical depth. In this regard, variations of monthly SALB and AOD have less influence on the determination of displacing the maximum UVB.

1 and 2- Professor in Meteorology and Ph.D. Candidate in Agrometeorology, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: swsabzi@basu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jsw.2021.15010.0

Conclusion: Results of the present work highlight the high biological risk of solar UVB irradiances during clear-sky days over the study region. For full cloud cover (overcast condition), the maximum and minimum UVB are observed in the south and northeast of the region, respectively. A relative comparison of total daily UVB in clear-sky conditions versus the UVB of overcast conditions highlights the fact that clouds can significantly reduce the biological risk from 33% in summer to 67% in autumn. The UVB reduction by clouds is more pronounced during cold seasons due to the combined interaction of larger solar zenith angle (lower sun angle) with clouds and ozone.

Keywords: Clear-sky, Cloudy-sky, Multilayer Radiative Transfer, Surface biological radiation, Seasonal average UVB, TUV5 model